Journal of Horticultural Science
Vol. 35, No.1, Spring 2021, P. 39-53
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد 35، شماره 1، بهار 1400، ص. 53-39
شاپا: 4730 - 2008

مقاله پژوهشی

مهم‌ترین عوامل غیر زنده مؤثر بر وقوع عارضه‌ی زوال مرکبات در لیموی لیسبون *Citrus limon* cv. 'Lisbon'

سید علی‌اکبر باقریان[1]- عسکر غنی[2]*- علیرضا صنیع‌خاتم[3]

تاریخ دریافت: 1399/01/27
تاریخ پذیرش: 1399/08/27

چکیده

بیماری‌ها، آفات و عارضه‌های نوظهور، تهدیدی جدی برای مناطق کشت مرکبات هستند. عارضه‌ی زوال یکی از همین مشکلات نوظهور است که به‌ویژه در دو سال گذشته در بخش‌هایی از جنوب استان فارس گزارش شده است. این عارضه، موجب خشک شدن کامل درخت یا بخش‌هایی از آن می‌شود. به منظور بررسی مهمترین عوامل غیر زنده مؤثر بر وقوع عارضه‌ی زوال مرکبات، تعداد 64 باغ مرکبات در جنوب استان فارس مورد ارزیابی قرار گرفت. ارزیابی‌ها از اسفند ماه 1396 تا آبان ماه 1397 صورت پذیرفت. میانگین سن درختان، میانگین دمای هوا، وجود و یا عدم وجود سایه‌انداز، مقدار نسبت جذب سدیم (SAR)، مصرف کودهای ضد شوری، درصد رس و نوع بافت خاک مورد سنجش قرار گرفت. به منظور تعیین روابط بین متغیرها و درصد وقوع زوال، تجزیه و تحلیل‌های آماری چند متغیره شامل تحلیل عاملی، همبستگی، تحلیل خوشه‌ای و تحلیل مسیر انجام شد. بر اساس نتایج تحلیل عاملی، چهار عامل اول، در مجموع 80/53 درصد از کل تغییرات را توجیه کردند. خصوصیات فیزیکی خاک، 26/37 درصد و تبخیر و تجمع تدریجی املاح، 23/95 درصد از واریانس کل را توجیه نمودند. همبستگی معنی‌داری بین زوال و میانگین سن درخت، زوال و درصد رس، زوال و وجود سایه‌انداز، مشاهده شد. تحلیل مسیر، اثرات مستقیم و غیر مستقیم متغیرها را بر میزان وقوع زوال مشخص نمود. به طور کلی مشخص شد که زوال، یک عارضه فیزیولوژیکی چند متغیره است که با انجام برخی از عملیات مدیریت باغ می‌توان تا حدود زیادی آن را کنترل نمود.

واژه‌های کلیدی: خشکیدگی، زوال مرکبات، شوری، نابسامانی‌های فیزیولوژیکی

مقدمه

مرکبات از جمله مهمترین میوه‌های گرمسیری و نیمه گرمسیری جهان و از خانواده‌ی روتاسه Rutaceae و زیر خانواده‌ی اورانتوئیده Aurantoidea می‌باشند که تاکنون 140 جنس و 1300 گونه مربوط به این خانواده شناسایی و گزارش شده است (2). میزان تولید مرکبات در ایران در سال 1390 حدود 4/5 میلیون تن گزارش شده است که از این مقدار 21/76 درصد مربوط به تولید انواع لیموها (لیمو ترش و لیمو شیرین) می‌باشد. به طور کلی، بیشتر مناطق پرورش لیموترش از جمله لیموی لیسبون، در جنوب کشور واقع شده است. در برخی منابع لیموی لیسبون به عنوان یکی از مهمترین و مقاوم‌ترین ارقام متداول لیمو در شرایط نامساعد محیطی (سرما، گرما و باد) در ایران ذکر شده است (12). یکی از عوامل اساسی در بحث زیست شناسی گیاهان، دمای بهینه رشد است. هر گونه‌ی گیاهی در یک دامنه‌ی دمایی ویژه رشد و عملکرد مطلوب را دارد و هرگونه انحراف از آن موجب بروز تنش و کاهش رشد می‌شود (5). در سال‌های اخیر، عارضه‌های نوظهور تهدیدی جدی برای پرورش مرکبات به حساب می‌آیند. به طور ویژه‌ای، در دو سال اخیر در شهرستان جهرم و شهرهای اطراف، گزارش‌های متعددی مبنی بر خشک شدن سریع و کامل درخت مرکبات و یا بخش‌هایی از درخت توسط باغداران مطرح شد. پس از بررسی‌های انجام شده توسط گروه‌های تخصصی، مشکل مذکور به عنوان "زوال مرکبات (Citrus decline)" معرفی شد. زوال مرکبات به تدریج میزان تولید و بهره‌وری باغات مرکبات را کاهش می‌دهد و در نهایت باغ‌های درگیر، تبدیل به باغ‌های غیر مثمر می‌شوند. بیشتر محققین عوامل اصلی زوال را به دو گروه زنده و غیر زنده تقسیم کرده‌اند (6، 10، 13، 15 و 16). اولین شواهد مربوط به زوال مرکبات در سال 1888 در کشور هند (آسام Assam) گزارش شد. در طی این سالها، زوال مرکبات باعث ایجاد خسارت به حدود یکصد میلیون اصله درخت از ارقام پرتقال، نارنگی و گریپ‌فروت پیوند شده بر روی پایه

1 و 2- استادیاران، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه جهرم
(*- نویسنده مسئول: Email: askar.ghani11@yahoo.com)
3- دانشجوی دکتری علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه هرمزگان

DOI: 10.22067/jhorts4.v35i1.85365

نارنج گردید (10). تا قبل از سال 1945 میلادی، هر درختی که دارای رشد ضعیفی بود و یا در حال خشک شدن بود به عنوان درخت درگیر با زوال در نظر گرفته می‌شد. بنابراین زوال به عنوان یک بیماری خاص در نظر گرفته می‌شد اگر چه تا آن تاریخ هیچ دلیل واقعی برای آن شناسایی نشده بود. در سال 1947، در یک گزارش مقدماتی حداقل 10 عامل بیماری‌زا و غیر بیماری‌زا که باعث بروز زوال در گیاهان مختلف می‌شد را معرفی کردند (16). برخی محققین زوال را بر سه نوع می‌دانند: 1- زوال سریع 2- زوال کند یا تدریجی 3- زوال در حال توسعه (10). در حالت زوال سریع (Quick decline)، گیاه ممکن است در فاصله یک تا سه هفته از بین برود. محققین عامل اصلی این عارضه را ویروس تریستزا می‌دانند. علائم این عارضه به صورت رنگ‌پریدگی برگ، نقطه‌نقطه شدن برگ، روشن‌شدن رگبرگ (Vein clearing)، فنجانی شدن برگ، کرکی شدن رگبرگ‌ها و ایجاد ساقه آبله‌ای است. درخت بیمار دارای علائمی شبیه به آسیب ریشه‌ای است که این علائم شامل نازک شدن شاخ و برگ، خشک شدن سرشاخه، تأخیر در رشد (عقب‌ماندگی گیاه) و گاهی مرگ درخت است. داخل تنه و یا داخل ساقه درخت حالت لانه زنبوری می‌شود که با چشم غیر مسلح قابل مشاهده است. در برخی اوقات، داخل تنه و یا شاخه درختان بزرگ، ظاهر طنابی شکل و ناهموار به خاطر وجود حفره‌ها ایجاد می‌شود. در برخی درختان، زوال در طی یک شب اتفاق می‌افتد و طی 2 تا 3 روز گیاه خشک می‌شود (6 و 10). در زوال کند و یا تدریجی (Slow decline)، علائم به صورت کاهش قدرت درخت، ضعف درخت، مرگ سرشاخه‌ها و کاهش عملکرد نمود پیدا می‌کند و در موارد شدید مرگ ناگهانی درخت به خاطر تغذیه ضعیف، وضعیت خاک و آلودگی به نماتد *Tylenchulus semipenitrans* را به دنبال دارد (10 و 16). زوال در حال توسعه (Spreading decline)، دارای علائمی همچون کم پشت شدن شاخه‌ها، رشد انتهایی عقب افتاده، سیستم ریشه‌ای ضعیف، خشکیدگی سرشاخه و ضعف کلی درخت است. در این حالت برگ‌ها در اواسط روز پژمرده می‌شوند ولی بعد از آبیاری به صورت موقت به حالت شاداب در می‌آیند. درختان همچنین ممکن است به طرز شگفت آوری گل دهند ولی تنها تعداد کمی میوه‌های ریز تشکیل خواهد شد. بیش از 90 درصد ریشه‌های فعال کوتاه‌تر از 30 اینچ می‌شوند و از بین می‌روند (6، 10 و 16).

عارضه‌ی زوال مرکبات به هر نوع عارضه، بیماری و یا مشکلی که در نهایت منجر به ضعف و از بین رفتن درخت می‌شود، اطلاق می‌گردد (10 و 13). در واقع زوال را می‌توان مترادف مرگ و میر دانست. زوال مرکبات در کشورهای مختلف با نام‌های متفاوت شناخته می‌شود مثلا در فلوریدا با نام بلایت (Blight)، در برزیل با نام دکلینیو (Declinio) و در آرژانتین با نام Declinamiento شناخته می‌شود که این نامگذاری بیشتر وابسته به عامل زوال بوده است (15). به طور قطع ویژگی‌های مشترکی بین مشکل زوال رایج در سایر کشورها و عارضه‌ی زوال شناخته شده در منطقه جنوب ایران وجود دارد ولی از نظر مؤلفین این تحقیق، تفاوت‌های بسیاری نیز وجود دارد. مؤلفین، مشکل زوال جنوب ایران (استان فارس) را معلول اصلی عوامل زنده‌ی بیمارگر گیاهی نمی‌دانند. بررسی‌های میدانی انجام شده نشان می‌دهد که در مواردی وجود عوامل بیماری‌زا باعث تشدید زوال مرکبات شده است. طبق این تحقیق، مؤلفین عامل اصلی این مشکل را تغییرات دمایی، بستر خاک نامناسب، کاهش کیفیت آب آبیاری و افزایش شوری می‌دانند که تنش رطوبتی به علت مدیریت‌های اشتباه می‌تواند بر شدت آن بیافزاید.

این پژوهش به منظور بررسی مهمترین عوامل غیر زنده مؤثر بر وقوع عارضه‌ی زوال مرکبات در لیموی لیسبون (به عنوان یکی از حساس‌ترین گونه شناخته شده مرکبات به این عارضه در جنوب استان فارس) و تعیین روابط همبستگی بین عوامل احتمالی دخیل در عارضه زوال، انجام گردید.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، تعداد 64 باغ واقع در شهرهای جهرم، جویم، خفر و حومه آن‌ها که هر کدام شامل حداقل یکصد درخت از ارقام لیموی لیسبون (در سنین 1 تا 10 ساله) بودند، ارزیابی شد (جدول 1). ارزیابی‌ها به صورت دوره‌ای و با فاصله‌ی دو ماهه و از اسفندماه 1396 لغایت آبان‌ماه 1397 انجام شد. از یک سو، میزان وقوع زوال و از سوی دیگر میزان مرگ و میر ناشی از زوال (خشکیدگی کامل درخت) اندازه‌گیری شد. میزان عوامل غیر زنده‌ی احتمالی و یا وجود شرایط خاص شامل میانگین ماهیانه دمای هوا، نسبت جذب سدیم (SAR) آب آبیاری، نوع بافت خاک، مصرف کود دامی، مقادیر و روش آبیاری و نحوه توزیع مکانی و زمانی آب آبیاری مورد سنجش قرار گرفت. طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریای منطقه با استفاده از دستگاه GPS اندازه‌گیری شد.

آمار داده‌های هواشناسی از ایستگاه هواشناسی شهرستان جهرم به دست آمد. جهت تعیین بافت خاک باغ‌های مورد مطالعه، به روش استاندارد از تمامی باغات نمونه‌برداری انجام شد و پس از تعیین بافت خاک، جهت تبدیل داده‌ها از کیفی به کمی با توجه به میزان رس موجود اعداد یک تا 10 مطابق جدول 2 داده شد. در این جدول، عدد 5 به عنوان بافت خاک متوسط و استاندارد در نظر گرفته شد و در صورت مصرف کود دامی (چون باعث اصلاح بافت خاک می‌شود) اگر عدد بافت خاک کمتر از 5 بود، یک واحد به آن اضافه شد و در صورتی که عدد مربوط به بافت خاک بالاتر از 5 بود یک واحد از آن کسر شد. به وجود یا عدم وجود سایه‌انداز بر روی درختان مورد مطالعه (توری و یا نخل بلند و یا برگ درختان نخل)، به ترتیب شماره‌های

صفر و یک تعلق گرفت (شکل 1). به مصرف یا عدم مصرف کودهای کاهنده املاح سدیمی خاک نیز به ترتیب شماره‌های صفر و یک داده شد. میزان رس و بافت خاک، نسبت جذب سدیم (SAR) در آب آبیاری با استفاده از روش‌های معمول اندازه‌گیری در آزمایش‌های آب و خاک به دست آمد. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه 25 تجزیه و تحلیل شد و دیاگرام تجزیه علیت با استفاده از نرم‌افزار AMOS نسخه 24 رسم شد.

نتایج

برای تعیین نقش هر یک از متغیرها بر درصد وقوع زوال و محدود کردن تعداد آن‌ها، تجزیه عاملی انجام شد (جدول 3). مقادیر ویژه، درصد واریانس و درصد واریانس تجمعی برای عامل‌های یک تا چهار در جدول 3 نشان داده شده است. حدود 80 درصد از واریانس کل بین ویژگی‌ها، توسط چهار فاکتور توجیه شد. فاکتور اول (خصوصیات فیزیکی خاک) شامل درصد رس و بافت خاک است که حدود 26/37 درصد از واریانس کل را توجیه کرد. فاکتور دوم (تبخیر و تجمع تدریجی نمک) شامل درجه حرارت، میانگین سنی درختان و میزان نسبت جذب سدیم با توجیه حدود 23/95 درصد از واریانس کل بود. فاکتور سوم (خصوصیات جغرافیایی منطقه) شامل طول جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا با توجیه 16/54 درصد از واریانس کل و فاکتور چهارم (حساسیت دمایی وابسته به سن) شامل عرض جغرافیایی، میانگین سنی درخت و درصد وقوع زوال بود که 13/65 درصد از واریانس کل را توجیه کرد. به لحاظ آماری، متغیرهای اسمی دو سطحی (وجود سایه‌انداز و مصرف کودهای ضد شوری) در تجزیه عاملی وارد نشدند. در ادامه، با استفاده از سایر روش‌های آماری، تأثیرگذاری این دو متغیر نیز بر میزان وقوع زوال، مشخص می‌شود.

جدول 1- موقعیت جغرافیایی باغ های مورد مطالعه و میزان زوال اندازه‌گیری شده

Table 1- Geographical location of studied orchards and estimated decline amount

موقعیت Location		تعداد باغ‌های ارزیابی شده Number of investigated orchards	ارتفاع از سطح دریا Altitude	طول جغرافیایی Longitude	عرض جغرافیایی Latitude	زوال Decline (%)
تیچنگ	Ticheng	2	1060	39’º53	’ 28º35	82.00
محمد آباد	Mohammad Abad	2	1176	’ 40º54	’ 28º30	50.00
افزر	Afzar	6	640	’ 58º52	’ 28º20	48.83
سیمکان	Simakan	8	886	’ 10º53	’ 28º39	44.00
مادون	Madoon	6	1143	’ 46º53	’ 28º35	59.67
جویم	Jouyom	2	880	’59º 53	’ 28º16	91.50
گلک	Galak	12	1081	’ 43º53	’ 28º16	45.33
خفر	Khafr	3	1339	’ 12º53	’ 28º58	12.67
مبارک آباد	Mobarak Abad	4	700	’16º 53	’ 28º22	50.42
باروس	Barous	4	767	’26º 53	’ 28º20	44.75
جهرم	Jahrom	4	1047	’ 34º54	’ 28º31	52.00
حسین آباد قبله	Hosein-Abad Qebleh	1	1112	’ 31º53	’ 28º28	58.00
قطب آباد	Qotb Abad	4	1032	’38º 53	’ 28º38	57.50
فرهنگ شهر	Farhang Shahr	2	1061	’ 36º53	’ 28º31	39.00
اقبال آباد	Eqbal Abad	2	1065	’28º 53	’ 28º33	70.50
چدرویه	Chedrouyeh	2	1073	’35º 53	’ 28º41	46.00

جدول 2- تبدیل داده های کیفی به کمی مربوط به بافت خاک باغ‌های لیموی مورد مطالعه

Table 2- Conversion of qualitative data to quantitative soil texture of the studied lemon gardens

عدد شاخص Score	نوع بافت خاک Type of soil texture		عدد شاخص Score	نوع بافت خاک Type of soil texture	
6	Loamy clay sandy	شنی رسی لومی	1	Sand	شنی
7	Loamy clay silt/loamy clay	سیلتی رسی لومی/رسی لومی	2	Sandy loam	لومی شنی
8	Clay sand	شنی رسی	3	Loam sand	شنی لومی
9	Clay silt	سیلتی رسی	4	loamy Silt /Silt	سیلتی لومی/سیلتی
10	Clay	رسی	5	Loam	لومی



شکل 1-کشت همراه مرکبات و خرما (بالا)، استفاده از توری‌های سبز رنگ جهت سایه‌دهی و کاهش خسارت آفتاب شدید (وسط)، زرد شدن و ریزش شدید برگ‌ها (پایین سمت چپ) و پژمردگی برگ‌ها و علائم شدید تشنگی در شرایطی که آبیاری انجام می‌شود (پایین سمت راست)

Figure 1- Mixed cultivation of citrus and date palm (above), using green nets to shade and reduce severe sun damage (middle), Chlorosis and severe leaf fall (bottom left), and leaf wilting and severe symptoms of thirst under irrigation condition (bottom right)

برای تعیین میزان همبستگی بین متغیرهای پیوسته از ضریب پیرسون (Pearson) استفاده شد (جدول 4). تقریباً همه درختان دچار عارضه زوال به مرحله خشکیدگی کامل می‌رسند که این نکته با توجه به همبستگی بالای زوال با خشکیدگی (r=0/90**) قابل توجیه است. درصد وقوع زوال، بیشترین همبستگی را با سن درخت (r =0/67**) دارد. درصد خشکیدگی کامل درخت نیز بیشترین همبستگی را با سن درخت (r =0/51**) دارد. همبستگی قابل ملاحظه‌ای بین درجه حرارت و نسبت جذب سدیم (r =0/58**) دیده شد که نشان می‌دهد با افزایش درجه حرارت و متعاقب آن، افزایش تبخیر، بر نسبت جذب سدیم نیز افزوده می‌شود. کاهش بارندگی‌ها در سال‌های اخیر و به دنبال آن افزایش شوری آب آبیاری باعث تجمع بیشتر نمک در خاک و در نتیجه افزایش شوری آب و خاک مورد استفاده مرکبات شده است. افزایش دما باعث افزایش تبخیر و افزایش تجمع نمک در خاک می‌شود که تأثیر مستقیمی بر افزایش زوال در لیمو را به دنبال داشته است. نتایج مربوط به میانگین حداکثر دمای فصل‌های بهار و تابستان طی این دوره‌ی ده ساله، به تفکیک در شکل 2 آورده شده است.

جدول 3- نتایج مربوط به تجزیه عاملی متغیرها برای تعیین تعداد و ماهیت متغیرهای پنهان موثر بر همبستگی بین متغیرها

Table 3- Results of factor analysis of variables to determine the number and nature of hidden variables affecting the correlation between variables

	مؤلفه‌ها Components			
	فاکتور 1 Factor 1	فاکتور 2 Factor 2	فاکتور 3 Factor 3	فاکتور 4 Factor 4
طول جغرافیایی Longitude	0.182	0.196	<u>0.873</u>	0.113
عرض جغرافیایی Latitude	-0.056	0.230	0.095	<u>0.429</u>
ارتفاع از سطح دریا Altitude	-0.152	-0.301	<u>0.890</u>	0.042
دما Temperature	0.109	<u>0.846</u>	-0.353	0.029
سن درخت Age	0.119	<u>-0.415</u>	0.071	<u>0.825</u>
نسبت سدیم قابل جذب SAR	0.021	<u>0.890</u>	0.168	0.026
میزان رس Clay	<u>0.936</u>	0.089	0.026	0.224
بافت خاک Soil texture	<u>0.958</u>	0.004	0.005	-0.004
میزان زوال Decline	0.217	0.075	-0.007	<u>0.889</u>
مقادیر ویژه Eigenvalues	2.374	2.156	1.489	1.229
واریانس Variance (%)	26.376	23.957	16.545	13.655
درصد تجمعی Cumulative (%)	26.376	50.333	66.878	80.534

روش استخراج: آنالیز مولفه‌های اصلی. Extraction Method: Principal Component Analysis

جدول 4- ضرایب همبستگی متغیرهای مورد مطالعه در راستای اندازه‌گیری میزان ارتباط خطی بین آن‌ها

Table 4- Correlation coefficients of the studied variables in order to measure the degree of linear relationship between them

	طول جغرافیایی Longitude	عرض جغرافیایی Latitude	ارتفاع از سطح دریا Altitude	دما Temperature	سن درخت Tree age	سدیم قابل جذب SAR	میزان رس Clay	بافت خاک Soil texture	میزان زوال Decline	میزان خشکیدگی Desiccating
طول جغرافیایی Longitude	1									
عرض جغرافیایی Latitude	0.011	1								
ارتفاع از سطح دریا Altitude	0.604**	0.095	1							
دما Temperature	-0.049	0.060	-0.564**	1						
سن درخت Age	0.124	0.132	0.176	-0.320**	1					
سدیم قابل جذب SAR	0.249*	0.149	-0.118	0.585**	-0.269*	1				
میزان رس Clay	0.210	0.084	-0.113	0.172	0.241	0.107	1			
بافت خاک Soil texture	0.134	0.093	-0.129	0.071	0.106	0.042	0.847**	1		
میزان زوال Decline	0.189	0.161	-0.022	0.139	0.670**	0.082	0.405**	0.157	1	
میزان خشکیدگی Desiccating	0.140	0.192	-0.037	0.188	0.519**	0.172	0.401**	0.200	0.904**	1

**. همبستگی معنی‌دار درسطح یک درصد *. همبستگی معنی‌دار درسطح پنج درصد

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed) *. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed)

همانطور که مشاهده می‌شود میانگین حداکثر دما در فروردین ماه 1397 به بالاترین میزان (29/2 درجه‌ی سانتی‌گراد) در ده سال اخیر رسیده است. سال 1396 نیز نسبت به سال قبل افزایش دمای 2/1 درجه سانتی‌گراد داشته است که این میزان افزایش دما نسبتاً بالا

است. میانگین حداکثر دما در فروردین، طی این دوره‌ی ده ساله، 26/71 درجه‌ی سانتی‌گراد بوده است. اردیبهشت 1396، با داشتن میانگین حداکثر دمای 34/7 درجه‌ی سانتی‌گراد، رکورددار گرم‌ترین اردیبهشت ده سال اخیر است. گرچه در سال 1397 نسبت به سال-های قبل، اردیبهشت کمی خنک‌تر گزارش شده‌است. همچنین خرداد 1396 با داشتن میانگین حداکثر دمای 40/5 درجه‌ی سانتی‌گراد، گرم‌ترین خرداد ده سال اخیر بوده است. گرم‌ترین تیرماه مربوط به سال 1395 (42/1 درجه‌ی سانتی‌گراد) و بعد از آن سال 1397 (41/8 درجه‌ی سانتی‌گراد) است. میانگین حداکثر دما در سال 1396 نیز حدود 0/23 درجه‌ی سانتی‌گراد بالاتر از میانگین حداکثر دمای 10 سال اخیر (41/27) بوده است. در ماه‌های مرداد و شهریور سال 1397 نیز، شهر جهرم گرم‌ترین ماه‌های تابستان ده سال اخیر را تجربه کرده‌است. در مرداد ماه 1397، با افزایش 1/6 درجه‌ی سانتی‌گراد نسبت به میانگین ده ساله (40/51 درجه‌ی سانتی‌گراد) و شهریور 1397، با افزایش 1/8 درجه سانتی‌گراد نسبت به میانگین ده ساله (38/11 درجه‌ی سانتی‌گراد) رکورد دار گرم‌ترین تابستان ده سال اخیر بوده‌اند (شکل 2). همبستگی منفی بین ارتفاع و درجه حرارت (r = -0/56**) مؤید این مطلب است که با افزایش ارتفاع از سطح دریا، از میزان درجه حرارت کاسته می‌شود. همچنین همبستگی معنی‌داری بین درصد رس با میزان وقوع زوال و خشکیدگی کامل درخت وجود دارد (r =0/40**). همبستگی منفی و معنی‌داری بین درجه حرارت و سن درخت به میزان r= 0/32**، حاکی از این مطلب است که درختان مسن‌تر با درجه حرارت کمتری متأثر می‌شوند.

جهت تعیین همبستگی بین متغیرهای اسمی دو سطحی مانند کاربرد سایه‌انداز (وجود و یا عدم وجود سایه‌انداز) و ترکیبات ضد شوری (کاربرد و یا عدم کاربرد کودهای ضد شوری) با میزان وقوع زوال، از آزمون تی (t-test) استفاده شد. میانگین درصد وقوع زوال در درختانی که زیر سایه‌انداز قرار گرفته‌اند 29/66 درصد است که این میزان در درختان فاقد سایه‌انداز 57/40 درصد است (جدول 5). به طور کلی میزان وقوع زوال در درختان فاقد سایه‌انداز حدود دو برابر درختان دارای سایه‌انداز است. اختلاف معنی‌داری در سطح 1 درصد، بین درصد وقوع زوال و وجود و یا عدم وجود سایه‌انداز (0/002) مشاهده می‌شود (جدول 6).

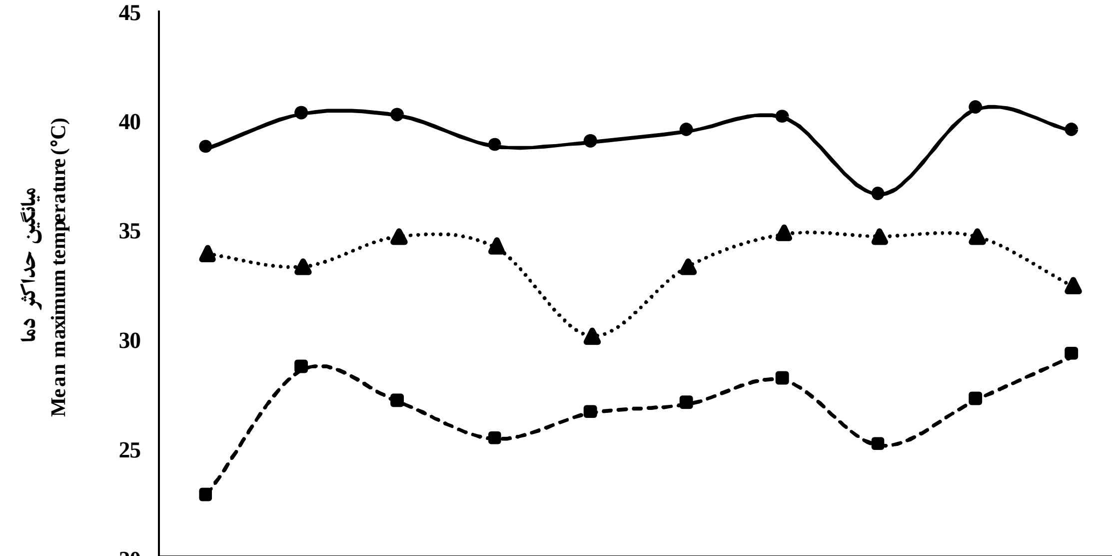
میانگین درصد وقوع زوال در مواردی که از کودهای کاهنده املاح سدیمی استفاده شده است معادل 44/40 درصد است در حالی که میانگین درصد وقوع این عارضه در مورد درختان باغاتی که از کودهای کاهنده املاح سدیمی استفاده نشده است برابر با 52/08 است (جدول 7) که حدود 18 درصد کمتر می‌باشد ولی از نظر آماری اختلاف معنی داری با هم ندارند (جدول 8).

تجزیه خوشه‌ای متغیرها بر مبنای ضریب همبستگی پیرسون، انجام شد (شکل 3). در فاصله بین صفر تا پنج، بیشترین شباهت بین درصد وقوع زوال و درصد وقوع خشکیدگی مشاهده می‌شود. به این معنی که بیشتر گیاهانی که دچار زوال شده‌اند به سمت خشکیدگی کامل رفته‌اند. در فاصله بیشتر، بافت خاک و درصد رس خاک با هم پیوند می‌خورند و در یک گروه قرار می‌گیرند که نشان دهنده ارتباط نزدیک بین این دو متغیر است. در فاصله بعدی (فاصله بین پنج و ده)، درصد وقوع زوال با سن درخت پیوند می‌خورد. در همین فاصله درجه حرارت و میزان نسبت جذب سدیم نیز با هم در یک گروه قرار می-گیرند. به دلیل اینکه منطقه مورد مطالعه، در یک بازه دو درجه‌ای طول جغرافیایی در مقابل بازه حدود 0/5 درجه‌ای عرض جغرافیایی قرار گرفته است، در فاصله بین پنج و ده دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای، طول جغرافیایی با ارتفاع که در یک بازه 699 متری قرار دارد، هم گروه شده است. به همین ترتیب در فواصل بیشتر، گروه‌های دیگری با هم پیوند خورده‌اند. با یک برداشت کلی از دندروگرام چنین ملاحظه می‌شود که زوال، خشکیدگی، سن درخت، رس و بافت خاک در یک گروه و درجه حرارت، میزان نسبت جذب سدیم، مصرف کودهای ضد شوری و سایه‌انداز نیز در گروه دیگری قرار گرفته‌اند.

جدول 5- همبستگی سایه انداز و درصد وقوع زوال در لیموی لیسبون

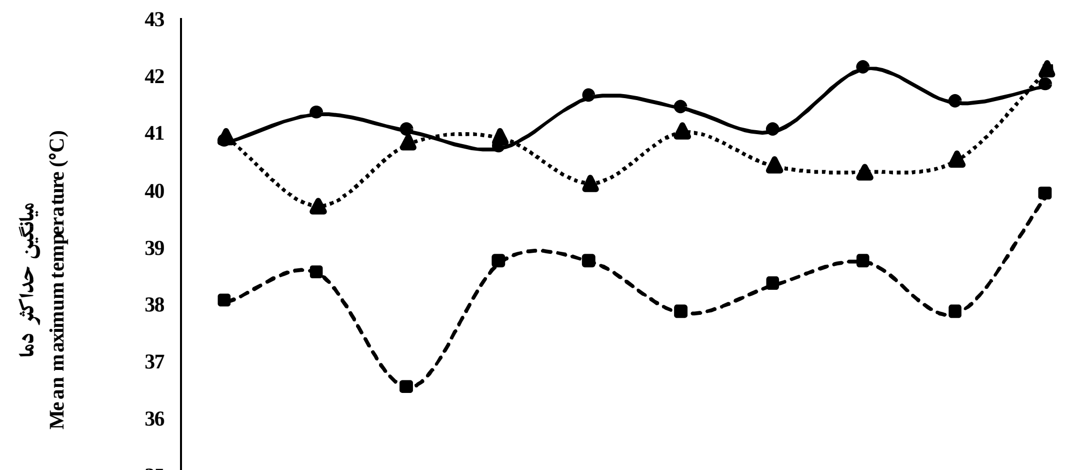
Table 5- Correlation of shading and percentage of decline in *Citrus limon* cv. 'Lisbon'

	سایه انداز Shading	تعداد نمونه N	میانگین Mean	انحراف معیار Std. Deviation	میانگین خطای استاندارد Std. Error Mean
زوال	0.00	47	57.4043	30.39569	4.43367
Decline	1.00	18	29.6667	31.11648	7.33422



	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
March-April	22.8	28.6	27.1	25.4	26.6	27	28.1	25.1	27.2	29.2
April-May	33.9	33.3	34.7	34.2	30.1	33.3	34.8	34.7	34.7	32.4
May-June	38.7	40.3	40.2	38.8	39	39.5	40.1	36.6	40.5	39.5

تغییرات دمایی شهرستان جهرم در فصل بهار طی دوره ده سال گذشته
Spring temperature variation of Jahrom city in tenlast years



	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
June-July	40.8	41.3	41	40.7	41.6	41.4	41	42.1	41.5	41.8
July-August	40.9	39.7	40.8	40.9	40.1	41	40.4	40.3	40.5	42.1
August-September	38	38.5	36.5	38.7	38.7	37.8	38.3	38.7	37.8	39.9

تغییرات دمایی شهرستان جهرم در فصل تابستان طی دوره ده سال گذشته
Summer temperature variation of Jahrom city in ten last years

شکل 2- تغییرات میانگین بیشینه دما در فصل بهار (بالا) و تابستان (پایین) طی سال‌های 1388 الی 1397 در شهرستان جهرم

Figure 2- Mean of maximum temperature changes in spring (top) and summer (bottom) during 2009 to 2018 in Jahrom city

جدول 6- آزمون t نمونه‌ها (سایه‌انداز و زوال) در لیموی لیسبون

Table 6- Samples t-test (shading and decline) in *Citrus limon* cv. 'Lisbon'

	آزمون لوین جهت برابری واریانس‌ها Levenes test for equality of variances	آزموناف F-test	P-مقدار جهت برابری واریانس‌ها P-value for equality of variances	آزمون تی t-test	درجه آزادی df	P-مقدار جهت برابری میانگین P-value for equality of means
زوال Decline	فرض برابری واریانس‌ها Equal variances assumed	0.234	0.630	3.271	63	0.002
	فرض عدم برابری واریانس‌ها Equal variances not assumed			3.237	30.205	0.003

جدول 7- همبستگی ضد شوری و درصد وقوع زوال در لیموی لیسبون

Table 7- Correlation of anti SAR and percentage of decline in Citrus limon cv. 'Lisbon'

	ضد شوری Anti SAR	تعداد نمونه N	میانگین Mean	انحراف معیار Std. Deviation	میانگین خطای استاندارد Std. Error Mean
زوال	0.00	45	52.0889	32.12605	4.78907
Decline	1.00	20	44.4000	34.59754	7.73624

جدول 8- آزمون t نمونه‌ها (ضد شوری و زوال) در لیموی لیسبون

Table 8- Samples t-test (anti SAR and decline) in *Citrus limon* cv. 'Lisbon'

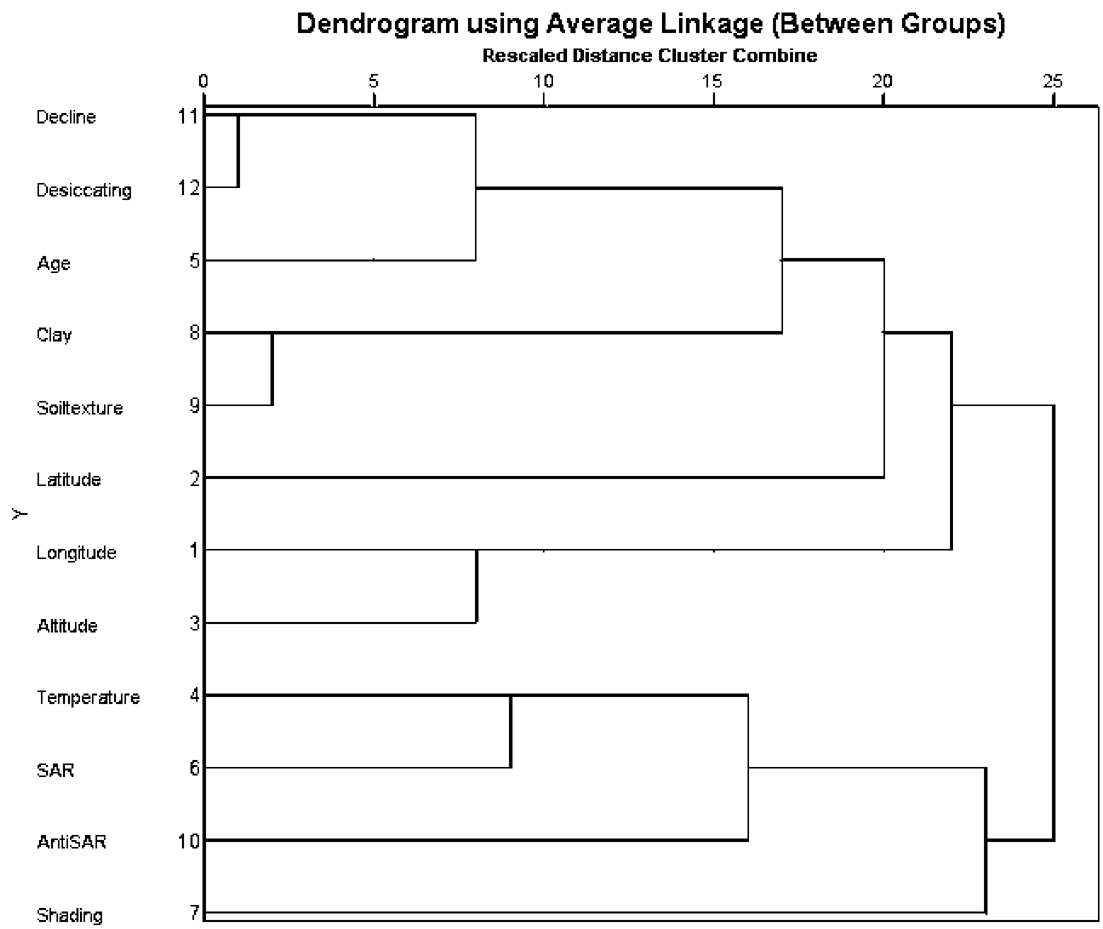
	آزمون لوین جهت برابری واریانس‌ها Levenes test for equality of variances	آزموناف F-test	P-مقدار جهت برابری واریانس‌ها P-value for equality of variances	آزمون تی t-test	درجه آزادی df	P-مقدار جهت برابری میانگین P-value for equality of means
زوال Decline	فرض برابری واریانس‌ها Equal variances assumed	0.494	0.485	0.870	63	0.388
	فرض عدم برابری واریانس‌ها Equal variances not assumed			0.845	34.185	0.404

به منظور تفسیر کامل‌تر، نتایج حاصل از همبستگی‌های ساده و رگرسیون گام به گام (شکل 4) و همچنین ارزیابی اهمیت متغیرهای مؤثر بر وقوع عارضه‌ی زوال و تعیین سهم هر یک از اجزای ایجاد کننده این عارضه، متغیرها مورد تجزیه علیت قرار گرفتند (جدول 9). درصد وقوع زوال به عنوان متغیر وابسته و سایر موارد به عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته شدند. ارتفاع، درجه حرارت، سایه‌انداز، سن، رس و بافت خاک در این تجزیه و تحلیل وارد شدند. نتایج رگرسیون مرحله‌ای (شکل 4) نشان داد که بیشترین اثر مستقیم به ترتیب مربوط به سن درخت (0/68) و درصد رس خاک (0/44) است. اثر غیرمستقیم سن درخت بر زوال از طریق درصد رس و به میزان 0/10 است. اثر مستقیم درجه حرارت بر درصد وقوع زوال 0/32 است. اثر غیرمستقیم درجه حرارت بر درصد رس معادل 0/07- و بر میزان زوال 0/16- است. اثر غیرمستقیم بافت خاک بر میزان وقوع زوال از طریق درصد رس و به میزان 0/36 است. ارتفاع از سطح دریا، تأثیر مستقیمی بر میزان وقوع زوال ندارد و در واقع اثر خود را از طریق درجه حرارت، سن و رس اعمال می‌کند. ارتفاع از سطح دریا موجب تغییر دمای هوا می‌شود، گرما نیز بر درختان مسن‌تر و بافت خاکی رسی‌تر، تأثیر منفی می‌گذارد و می‌تواند موجب بروز بیشتر عارضه زوال شود (شکل 4).

بحث

به طور کلی نتایج حاصل از انواع روش‌های آماری استفاده شده در این پژوهش، تا حدود زیادی با یکدیگر مطابقت داشت. همبستگی بسیار بالایی بین درصد وقوع زوال و درصد خشکیدگی درخت مشاهده شد. مشاهدات میدانی نشان داد، درختانی که عارضه‌ی زوال در آن‌ها شروع شده است حساسیت بیشتری به نور آفتاب و حرارت ناشی از آن دارند و در صورت عدم وجود سایه‌انداز، با سرعت بیشتری به سوی خشکیدگی کامل پیش می‌روند. همبستگی معنی‌داری بین درصد وقوع زوال و درصد خشکیدگی با میانگین سن درختان مشاهد شد. با افزایش سن درخت، نسبت جذب سدیم، بافت خاک، ریشه‌های فعال و سایر موارد تغییر می‌کنند. یکی از مهمترین علل بروز زوال،

عدم تناسب حجم ریشه و شاخساره، در درختان مسن‌تر است (6). در گرمای شدید؛ نسبت کم حجم ریشه‌های فعال درختان مسن به حجم شاخساره، جبران آب خارج شده از طریق تعرق در این درختـان را بـا مشکل مواجه می‌کند.



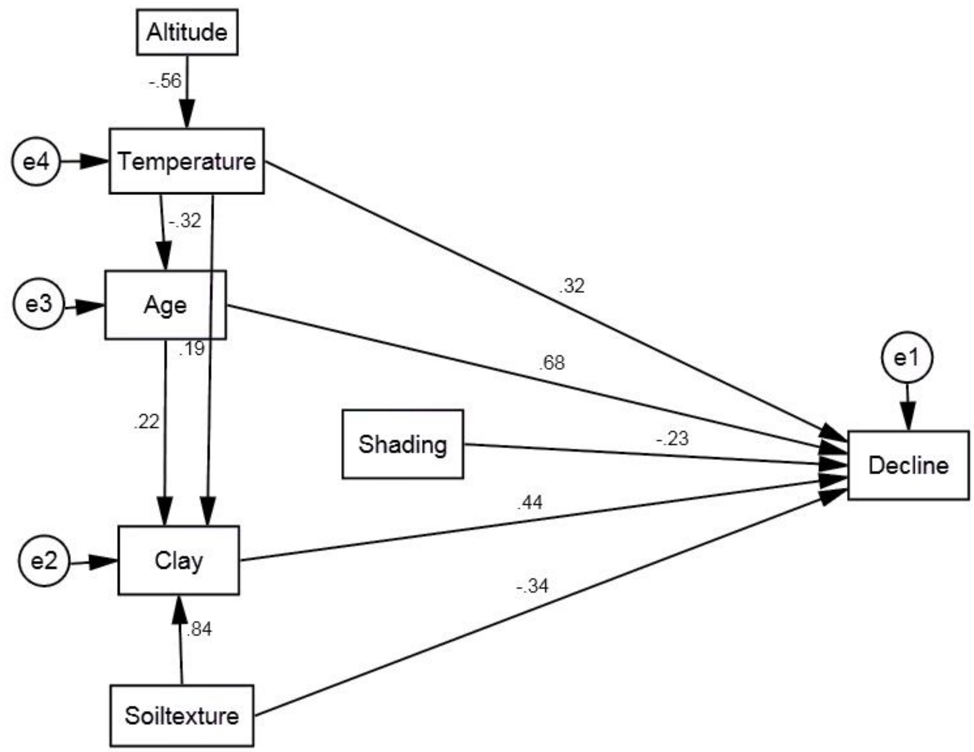
شکل 3- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه ای 12 متغیر مورد مطالعه در تحقیق حاضر

Figure 3- Cluster analysis of the 12 studied variables in this research

جدول 9- نتایج تجزیه علیت درصد وقوع زوال در لیموی لیسبون

Table 9- Path analysis for Percentage of decline in *Citrus limon* cv. 'Lisbon'

		اثرات غیر مستقیم بر زوال Indirect effects on Decline			
	اثرات مستقیم بر زوال Direct effects on Decline	دما Temperature	سن درخت Age	میزان رس Clay	میزان زوال Decline
ارتفاع از سطح دریا Altitude	-	-	0.18	-0.07	-0.09
دما Temperature	0.32	-	-	-0.07	-0.16
سن درخت Age	0.68	-	-	-	0.10
سایه‌انداز Shading	-0.23	-	-	-	-
میزان رس Clay	0.44	-	-	-	-
بافت خاک Soil texture	-0.34	-	-	-	0.36



شکل 4-شمای (دیاگرام) تجزیه علیت با استفاده از رگرسیون گام به گام جهت مدل‌بندی روابط علت و معلولی بین متغیرها
Figure 4- Diagram of path analysis using stepwise regression to causal relationships between variables

درختان جوان، به‌ویژه درختان کمتر از 5 سال، به میزان کمتری دچار آسیب شدند. به نظر می‌رسد که درختان خیلی جوان به دلیل داشتن محصول کمتر، سیستم ریشه‌ای سالم‌تر، نسبت خیلی بیشتر حجم ریشه‌های فعال به حجم شاخساره، تجمع کمتر نمک و یا آفت‌کش‌ها در خاک و آسیب کمتر بافت خاک، صدمات کمتری از این عارضه می‌بینند. به طور کلی زوال، درختان ضعیف را بیشتر تحت تأثیر قرار می‌دهد (6 و 11). کاهش حجم ریشه‌های فرعی به دلایل مختلفی از قبیل مقدار زیاد نسبت جذب سدیم، کمبود آب، بافت نامناسب خاک، بیمارگرهای پوساننده‌ی ریشه، مصرف خاکی آفت‌کش‌ها، مصرف بیش از حد کودهای شیمیایی، وقوع سیل و خفگی ریشه‌ها و غیره، رخ می‌دهد. تجمع تدریجی سموم و کودهای شیمیایی در زیر و اطراف قطره چکان‌ها (که ریشه‌های فعال در آن ناحیه شکل گرفته‌اند) موجب آسیب به بافت خاک و ریشه‌های فعال می‌شود. در باغ‌هایی که از ترکیباتی مانند اسیدهای آمینه و یا کودهای آلی که باعث افزایش ریشه‌های فعال درختان می‌شود، استفاده شده است زوال کمتر مشاهده شده است. تغییرات ساختاری عمده در ریشه‌ها به نحوی که ریشه‌ها سیاه و مرده به نظر می‌رسند به عنوان یکی از علائم زوال در برخی کشورها گزارش شده است (1 و 13).

حسینی و همکاران نیز، آسیب ریشه‌ای در درختان نارنگی سیاهو در استان هرمزگان را به عنوان یکی از علائم اصلی زوال گزارش نموده‌اند (6).

وجود همبستگی منفی بین سن درخت و دمای هوا مؤید این مطلب است که درختان مسن‌تر، با میزان کمتری از گرمای هوا متأثر شده‌اند. همبستگی قابل ملاحظه‌ای بین درصد رس خاک و درصد وقوع زوال مشاهده شد. از آنجایی که ریشه مرکبات به کمبود اکسیژن و آب ایستایی حساس می‌باشند، این گیاهان، خاک‌های سبک شنی یا شنی لومی که دارای زهکشی خوبی هستند را می‌پسندند (4). به همین دلیل در بیشتر مناطق جنوب فارس برای احداث باغات مرکبات از خاکهای بسیار سبک استفاده می‌کنند. اثر معنی دار میزان رس بر زوال، احتمالاً بر اثر کمبود اکسیژن در اثر تهویه ضعیف، تجمع آب بیشتر در اطراف ریشه (که منجر به خفگی ریشه‌ها می‌شود)، تجمع تدریجی سایر املاح و یا آسیب بلند مدت به ریشه است که این مشکل بیشتر در مناطق شمال کشور گزارش شده است (6). از طرف دیگر، خاک‌های بسیار سبک و فاقد مواد آلی نیز می‌تواند باعث تشدید عارضه زوال در مرکبات گردد (به دلیل عدم توانایی در نگهداری آب، جذب گرمای بیشتر و تبخیر بیشتر آب در منطقه ریشه، فقر مواد

غذایی و ...). برخی محققین بافت سبک خاک را به عنوان یکی از عوامل اصلی زوال در استان هرمزگان گزارش کرده‌اند (6). درجه حرارت بالا، مصرف بی رویه کودهای شیمیایی، سموم و سایر عوامل، با گذر زمان و افزایش سن درخت، بافت خاک را متأثر می‌سازد. نتایج سایر تحقیقات نشان داده است که بافت خاک نامناسب از دیگر عوامل مؤثر در وقوع عارضه‌ی زوال می‌باشد. همبستگی معنی داری بین شنی یا رسی بودن بافت خاک و درصد وقوع زوال دیده نشد بدین معنی که هم بافت شنی (با کمبود آب) و هم بافت رسی (با بیش بود آب و آسیب به ریشه‌ها)، هر دو می‌توانند وقوع زوال را افزایش دهند. با بررسی ضریب همبستگی بافت خاک و درصد وقوع زوال (0/15)، چنین استنباط می‌شود، تاثیری که بافت شنی با کمبود آب (در این سال‌های گرم) بر افزایش وقوع زوال می‌گذارد بیشتر از اثری است که بافت رسی بر زیاد شدن وقوع زوال می‌گذارد. نتایج تحقیقات حسینی و همکاران نیز با تحقیق حاضر همسو می‌باشد (6). البته این مسأله از نظر آماری معنی‌دار نشده است و به همین لحاظ بهترین خاک، خاکی با میزان متعادل شن، رس و مواد آلی و با آبیاری بهینه است. بالا بودن آهک آزاد، شوری بالا، زهکشی ضعیف، وجود لایه سخت غیرقابل نفوذ (Hardpan) و حاصلخیزی پایین خاک از عوامل مؤثر در بروز زوال مرکبات می‌باشد (6، 10 و 15). کاربرد کودهای آلی؛ ساختمان و بافت خاک را بهبود می‌دهد و از این طریق، وقوع زوال و درصد خشکیدگی کاهش می‌یابد.

همبستگی معنی‌داری بین مصرف کودهای ضد شوری و درصد وقوع زوال مشاهده نشد، حال آنکه همبستگی معنی‌داری بین درجه حرارت و میزان نسبت جذب سدیم ملاحظه شد که نشان می‌دهد افزایش درجه حرارت با افزایش میزان تبخیر از سطح خاک و افزایش میزان تعرق می‌تواند میزان نسبت جذب سدیم را افزایش دهد. یکی از مسائل مؤثر در بروز زوال، کیفیت آب می‌باشد. بالا بودن سدیم قابل جذب بویژه در خاک‌های رسی، آسیب بیشتری به سیستم ریشه‌ای وارد می‌کند و این واقعیت احتمالاً به این علت است که خاک‌های رسی ظرفیت تجمع سدیم بیشتری دارند و این سدیمِ بیشتر باعث آسیب به ریشه، زردی و ریزش برگ‌ها و در نتیجه افزایش زوال می‌شود (9، 14 و 17). زیادی کاتیون سدیم موجب بروز دامنه‌ی وسیعی از مشکلات اسمزی و متابولیکی در گیاه به‌ویژه در خاک‌های رسی می‌شود (14). کودهای آلی اثر مخرب سدیم قابل جذب را نیز کاهش می‌دهند. برخی محققین افزایش میزان منیزیم به کلسیم در آب آبیاری را یکی از عوامل موثر در افزایش زوال در استان هرمزگان گزارش کرده‌اند (6).

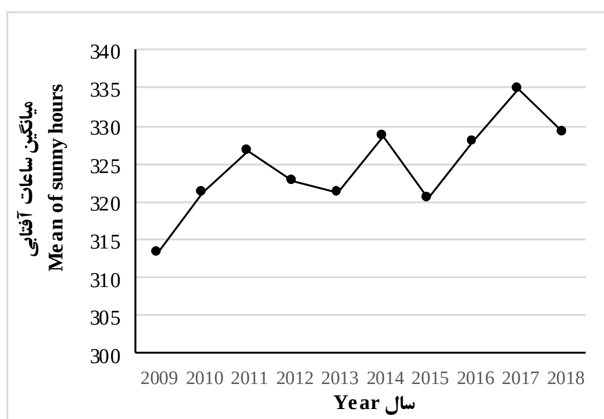
همبستگی معنی‌داری بین میانگین درجه حرارت مرداد ماه و درصد وقوع زوال و خشکیدگی ملاحظه نشد ولی همبستگی منفی و معنی‌داری بین سایه‌انداز و درصد وقوع زوال دیده شد. به نظر می‌رسد باید میانگین دمای شش ماه اول سال مربوط به هر منطقه و باغ را اندازه‌گیری کرد و مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار داد تا بتوان نتیجه دقیق‌تر اثر دما را مورد بررسی قرار داد. در حالی که با توجه به کمبود ایستگاه‌های هواشناسی در بسیاری از این مناطق، دستیابی به این امر مشکل می‌باشد. همبستگی بین سایه‌انداز و کاهش درصد وقوع زوال موید کاهش میزان شدت نور آفتاب و حرارت ناشی از آن و در نتیجه کاهش میزان وقوع زوال می‌باشد. کاهش میزان نور و دما موجب کاهش میزان تبخیر و تعرق و به دنبال آن افزایش آب در دسترس و آب موجود در بافت‌های گیاهی است که در صورت کاهش نسبت میزان جذب آب به میزان تبخیر و تعرق، علائم زوال به صورت لوله شدن برگ‌ها، کاهش شدید تورژسانس سلولی در برگ‌ها و میوه‌ها (پلاسیدگی برگ‌ها و میوه‌ها) و ریزش برگ‌ها یا میوه‌ها، نمود پیدا می‌کند. این علائم در این مرحله یکی از ساز و کارهای دفاعی گیاه جهت تحمل شرایط کم آبی است که در صورت تشدید شرایط تنش ممکن است به مرگ بافت‌ها و یا اندام‌ها و یا کل گیاه منجر شود. افزایش دما از طریق کاهش فتوسنتز منجر به ضعف گیاه می‌شود و در صورت تداوم، زوال را به دنبال دارد (6 و 7). افزایش دما به عنوان یکی از عوامل اصلی دخیل در زوال مرکبات می‌باشد که به طور غیر مستقیم با سایر عوامل تشدید کننده‌ی زوال در ارتباط است. طبق بررسی‌های انجام شده مدت زمان قرار گرفتن در دماهای بالا حتی به مدت کوتاه می‌تواند برای گیاهان بسیار کشنده باشد. به طور مثال قرار گرفتن درخت نارنج به مدت 10 دقیقه در معرض دمای 50 درجه‌ی سانتی‌گراد باعث مرگ و از بین رفتن آن می شود (7). در میزان متوسطی از تنش گرما، رشد گیاه بالغ کند می‌شود. سوختن پوست علائم مشخص‌تری است که در آن کامبیوم و چوب پنبه در پوست نازک درختان به‌ویژه در طرفی که بیشتر در معرض تشعشع خورشید بوده از بین می‌رود. در دماهای بالا (دماهای افراطی)، میزان فتوسنتز و تنفس هر دو کاهش می‌یابد (غیر فعال شدن یا دناتوره شدن آنزیمها) ولی با توجه به ماهیت آنزیم‌های دخیل در فتوسنتز، میزان فتوسنتز نسبت به تنفس، کاهش شدیدتری دارد (6، 7 و 8). افزایش دما به همراه افزایش میزان سدیم، شرایط بسیار تنش‌زایی را برای گیاهان به‌ویژه مرکبات که جزء حساس‌ترین درختان میوه به شوری می‌باشند (4) فراهم می‌کند. کاهش جذب آب و به دنبال آن انسداد موضعی آوندها باعث خشک شدن سریع شاخه‌ها (سبز خشک شدن بخشی از درخت) و زوال سریع درخت می‌شود. در باغاتی که دارای سیستم سایه‌دهی (Shading) با استفاده از توری‌های پلاستیکی می‌باشند (به عنوان مثال توری‌های پلاستیکی سبز رنگ) این عارضه به صورت معنی‌داری کاهش یافته است. مثلاً در مقایسه‌ی باغات موجود در یک منطقه با شرایط ادافیکی و فیزیولوژیکی تقریباً یکسان، باغاتی که از سیستم سایه‌دهی استفاده کرده‌اند، درصد وقوع این عارضه و یا خشکیدگی درخت ناشی از آن بسیار کمتر از باغ‌های مجاور (فاقد سیستم سایه‌دهی) بوده‌اند (شکل 1). یکی از روش‌های

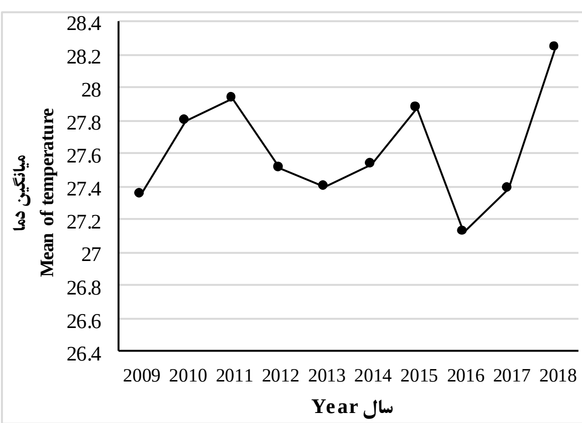
کشت مرسوم در بخشی از مناطق جنوب کشور، کشت همراه مرکبات و خرما می‌باشد به نحـوی کـه بخشـی از درختـان مرکبـات در زیـر سایه‌انداز نخل‌ها قرار می‌گیرند (شکل 1). بر اساس مطالعات میـدانی انجام شده مشاهده‌شد، باغاتی که دارای سیستم کشت همراه خرمـا- مرکبات می‌باشند به صـورت معنـی‌داری، کمتـر دچـار ایـن عارضـه شده‌اند. همچنین طی بررسی‌های میدانی انجام شده باغـاتی کـه در سایه‌ی کوه یا تپه قرار گرفته‌اند کمتر به این عارضه دچـار شـده‌انـد. البته به نظر می‌رسد که سایه دهی از دو طریق: 1- کاهش تبخیـر و تعرق 2- تعدیل دما (تفاوت 4 تا 5 درجه‌ای مناطق دارای سایه دهی و بخش‌های فاقد این سیستم) باعث کاهش وقوع و یا پیشـگیری از این عارضه می‌شود. نتایج مشابهی در رابطه با استفاده از سایه‌انداز یا کشت مخلوط مرکبات و نخل و تاثیر مثبت بر عارضه زوال در استان هرمزگان نیز گزارش شده است (6).

افزایش دفعات آبیاری بدون افزایش میزان آب، موجـب مرطـوب شدن بیشتر خـاک، متعـادل‌تـر شـدن هـوای اطـراف گیـاه و تولیـد ریشه‌های جدید می‌شود. این امر با افزایش تعداد قطره چکـان‌هـا یـا افزایش تعداد دور آبیاری به‌ویژه در خاک‌های با درصـد شـن بیشـتر امکان پذیر است. برخی از محققین نیز خسارت کم آبی را به عنـوان یکی از عوامل زوال مرکبات برشمرده‌اند (6، 10 و 16). البته برخی از آنها اهمیت عوامل بیماری‌زا و بیماری‌هایی مانند پوسیدگی ریشه یـا شاخساره، خسارت آفتاب و کمبود مواد غذایی را مهم‌تر از عامـل کـم آبی دانسته‌اند (16).

بررسی میانگین تعداد ساعات آفتابی اگر چه بـا اسـتفاده از روش آماری مقایسه میانگین‌ها معنی‌دار نشد ولی به طور کلی، تعداد ساعات آفتابی ماه‌های فروردین تا شهریور سـال‌هـای 1396 و 1397 شـهر جهرم که همزمان با افزایش وقوع زوال بوده است بیشتر از سال‌های قبل می‌باشد. تعداد ساعات آفتابی کمتر، مشابه سایه‌انداز عمل کرده و از میزان وقوع زوال می‌کاهد (شکل 5). ارزیابی میانگین دمای هوا نیز با استفاده از روش آماری معنی‌دار نشد ولی احتمـالاً میـانگین دمـای هوای ماه‌های فروردین تا شهریور سال 1397 بیشتر از سال‌های قبل بوده است. به طور کلی در سال 1397 به دلیل افزایش ناگهانی دمای هوا و شروع زود هنگام گرما در اردیبهشت ماه و پایـان دیـر هنگـام دمای بالا در آبان ماه، افزایش قابل توجه این عارضه را در پی‌داشـته است (شکل 5).

ارزیابی‌های صورت گرفته در این پژوهش، در مناطقی با اختلاف ارتفاع 699 متر از سطح دریا (کمتـرین ارتفـاع 640 متـر و بیشـترین ارتفاع 1339 متر) صورت گرفته است. به ازای هر 100 متـر افـزایش ارتفاع، یک درجه سانتی‌گراد دما کاهش می‌یابد (3). بنابراین با فرض ثابت بودن سایر شرایط، حدود 7 درجه سانتی‌گراد اختلاف دمـا بـین مناطق مورد بررسی وجود خواهد داشـت. میـزان شـیب، نـوع شـیب، جهت کوه‌ها، دره و ارتفاع از جمله عوامل تأثیر گذار در تغییرات آب و هوایی هر منطقه است که ارتفاع نقش کاملاً مشهودی را دارد (3). به طور کلی ارتفاع و عرض جغرافیایی، به ترتیب بیشـترین تـأثیر را بـر تغییرات دمایی دارد. پیشنهاد می‌شـود در تحقیقـات بعـدی، رطوبـت نسبی هر منطقه و میزان وزش باد هر ناحیه نیز اندازه‌گیری شود. بـه طور کلی افزایش و یا کاهش طول جغرافیایی یک منطقه، تأثیری در درجه حرارت آن منطقه ندارد. در این تحقیق، ارزیابی‌ها در بازه طول جغرافیایی دو درجه (از 52 درجه و 53 دقیقه تا 54 درجه و 1 دقیقـه) انجام شده است.





شکل 5- میانگین دما و تعداد ساعات آفتابی شش ماهه اول سال‌های 1388 تا 1397

Figure 5- The mean temperature and hours mean of sunny numbers in the first six months during 2009 to 2018

علت اینکه طول جغرافیایی تا حدی بر درصد میـزان وقـوع زوال تأثیر گذار بوده است به دلیل تأثیر در درجه حرارت منطقه نبوده است

بلکه به دلیل گستردگی بیشتر بازه طول جغرافیایی نسبت به بازه عرض جغرافیایی (حدود 2 درجه در مقابل 0/5 درجه) و در نتیجه تنوع بیشتر باغات مورد بررسی است. به ازای هر 4 درجه افزایش عرض جغرافیایی، یک درجه کاهش دما به دنبال خواهد داشت (3). در اینجا ارزیابی‌ها در مناطقی با اختلاف عرض جغرافیایی کمتر از یک درجه (از 28 درجه و 16 دقیقه تا 28 درجه و 54 دقیقه) صورت پذیرفته است بنابراین در اینجا، عرض جغرافیایی تأثیری بر دما ندارد.

سپاسگزاری

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از زحمات اعضای مرکز تحقیقات هواشناسی جهرم به‌خاطر در اختیار قرار دادن داده‌های هواشناسی و معاونت محترم آموزشی و پژوهشی دانشگاه جهرم در تأمین برخی از امکانات لازم برای انجام این تحقیق، تشکر و قدردانی نمایند. همچنین از کلیه باغداران فهیم شهرستان جهرم که در راستای شناسایی مشکل مذکور و مدیریت آن، کمال همکاری را داشتند، قدردانی می‌شود. علاوه بر این لازم است که از آقایان دکتر حمیدرضا زارعی فرد و دکتر حامد حسن‌زاده خانکهدانی که در انجام تحلیل‌های آماری داده‌ها ما را یاری کردند، سپاسگزاری شود.

منابع

1- Barkley P. 2004. Citrus Diseases and Disorders. NSW Agriculture.
2- Campelo L.M.L., De Almeida A.A.C., De Freitas R.L.M., Cerqueira G.S., De Sousa G.F., Saldanha G.B., Feitosa C.M., and De Freitas R.M. 2011. Antioxidant and antinociceptive effects of *Citrus limon* essential oil in Mice. Journal of Biomedicine and Biotechnology 5: 1-8.
3- Faraj-zadeh M., and Hoseini S. A. 2011. Analyzing and Zoning of Temporal and Spatial Features of Frost Regions in Iran. Journal of Geography and Regional Development 15: 65-90. (In Persian with English abstract)
4- Fotouhi Ghazvini R., and Fattahi Moghadam J. 2006. Citrus Growing in Iran. (Second edition), Guilan University Press, 305p. (In Persian)
5- Golein B., Mohammadian Afshar M., and Mobrami Z. 2013. Investigation of Superoxide Dismutase (SOD) Enzyme Activity, β-carotene, Total Phenol and Antioxidant Capacity in Fruit Peel of Five Citrus Cultivars under Low Temperature. Journal of Crop Production and Processing 3(8): 177-189. (In Persian)
6- Hosseini Y., Saleh J., Askari M., and Basirat M. 2017. Nutritional strategies and management of environmental stresses to prevent and combat with citrus decline. Soil and Water Research Institute Publishers 553: 1-24. (In Persian)
7- Kafee M., Lahootee M., Zand E., Shareefee H.R., and Goldanee M. 1999. Plant Physiology, Vol 1, Jahad-e Daneshgahi Publication, 456p. (In Persian)
8- Kafi M., and Mahdavi Damghani A. 2006. Mechanism of Environmental Stress Resistance in Plants, Ferdowsi University Publication, 467p. (In Persian)
9- Kaydan, D. 2007. Effects of salicylic acid on the growth and some physiological characters in salt stressed wheat (*Triticum aestivum* L.). Tarim Bilimleri Dergisi, 13: 114-119.
10- Kumar Meena A., Dutta F., Marak M.Ch., and Kumar Meena R. 2018. Citrus Decline. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences 7(4): 2807-2815.
11- Roman M.P., Cambra, M., Juarez, J., Moreno, P., DuranVila, N., Tanaka, F.A.O., Alves, E., Kitajima, E.W., Yamamoto P.T., Bassanezi B., Teixeira D.C.J. Jr., Ayres A.J., Gimenes-Fernandes N., Rabenstein F., Girotto L.F., and Bove J.M. 2004. Sudden death of citrus: a graft transmissible bud union disease. Plant Disease 88: 453-467.
12- Seyyedghasemi S.E., Fattahi Moghadam J., and Babakhani B. 2018. Investigation of bioactive compounds changes of two Lisbon (*Citrus limon* cv. Lisbon) and Cook eureka lemon (*C. limon* cv. Cook Eureka) varieties during ripening. Iranian Journal of plant Researches 31(1): 182-193. (In Persian)
13- Sohail Fateh F., Kumar Meena T., Kazmi M.R., Abbassi N.A., and Arif A.M. 2017. Prevalence of Citrus decline in district Sargodha. Pakistan Journal of Agricultural Science 54(1): 9-13.
14- Soltani Z., Shekari F., and Jamshidi Kh. 2016. Effects of salt stress and supplemental silicon on morphological and ionic relations of rapeseed. Journal of Plant Process and Function 5(17): 201-213. (In Persain).
15- Srivastava A.K., and Singh Sh. 2009. Citrus Decline: Soil Fertility and Plant Nutrition. Journal of Plant Nutrition 32: 197–245.
16- Suit R.F., and Knorr L.C. 1949. Progress Report on Citrus Decline. Florida State Horticultural Society 45-49.
17- Tayeb M.A. 2005. Response of barley grains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. Plant Growth Regulation 45: 215–224.

Journal of Horticultural Science
Vol. 35, No.1, Spring 2021, P. 39-53
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد 35، شماره 1، بهار 1400، ص. 53-39
شاپا: 4730 - 2008

The Most Important Abiotic Factors Affecting the Occurrence of Citrus Decline in *Citrus limon* cv. 'Lisbon'

S.A.A. Bagherian[1]- A. Ghani[2*]- A.R. Sanie Khatam[3]
Received: 15-04-2020
Accepted: 17-11-2020

Introduction: Citrus trees are among the most important tropical and subtropical fruit trees in the world. In recent years, newfound disorders have become a serious danger to citrus growing. In the last two years in Jahrom city and surrounding towns, there have been numerous reports about the rapid drying of whole of citrus trees or parts of them. Following studies by expert groups, the problem was referred to as "Citrus decline". Most researchers have divided the main causes of decline into biotic and abiotic groups. In fact, the disorder of citrus decline refers to any type of disorder, disease or problem that can ultimately lead to tree weakness and loss. In fact, decline can be considered a synonym for death.

Materials and Methods: In this study, 64 orchards located in the cities of Jahrom, Juyom, Khafr and their suburbs were studied. Each orchard consisted of at least 100 trees of 'Lisbon' cultivars (one to ten years old). Evaluations were carried out periodically and with a two-month intervals from March 1976 to November 1977. On the one hand decline rate and on the other hand desiccating rate (tree with complete drying) were measured. Average monthly air temperature, sodium absorption ratio (SAR), irrigation water, soil texture, manure consumption, irrigation amount and methods, and spatial and temporal distribution of irrigation water were measured. Longitude, latitude and altitude were recorded using GPS. The meteorological data were obtained from weather station of Jahrom city. Soil sampling was performed using standard methods from all orchards. After determining the soil texture type, in order to data convert from qualitative to quantitative according to the amount of clay available, the numbers 1 to 10 were assigned to each sample. Number 5 was considered as medium and standard soil texture. If manure was applied, one unit was added to the soil texture score of less than 5 and one unit was subtracted from the numbers above 5. The presence or absence of shading on the studied trees (Green lace or palm tree) was assigned to zero and one numbers, respectively. Numbers zero and one were assigned to applied or non-applied soil sodium solute reducing fertilizers, respectively. The amount of clay, SAR (sodium absorption ratio) in irrigation water were obtained using the usual measurement methods in soil and water experiments. Data were analyzed using SPSS software (version 25) and Path analysis diagram was plotted using AMOS software (version 24). Multivariate statistical analyzes including factor analysis, correlation, cluster analysis and path analysis were performed to determine the relationships between variables and the percentage of decline.

Results and Discussion: According to the results of factor analysis, the first four factors accounted for 80.53% of the total variation. The first component (soil physical properties) including clay and soil texture accounted for 26.37% of the total variance. The second component (salt evaporation and accumulation) included temperature, mean age of the trees, and the rate of sodium absorption ratio (SAR) with accounting of 23.95% of the total variance. Significant correlations were observed between decline and mean tree age, decline and clay percentage, decline and presence of shading. Almost all of the declined trees reached the full drying stage, which is justified by the high correlation of the decline with desiccating (r=0.90 **). Percentage of decline had the highest correlation with tree age (r=0.67 **). Percentage of complete desiccating of the tree was also highly correlated with tree age (r=0.51 **). T-test to determine the correlation between two-level nominal variables such as application of shading (presence or absence of shading) and anti-salinity compounds (application or not application of salinity fertilizers) with decline occurrence was used. The mean percentage of decline was 29.66% in trees under shade and 57.40% in trees without shade. In general, the rate of decline in trees without shading is twice more than trees with shading. Path analysis identified the direct and indirect effects of variables on the rate of decline.

Conclusion: It was generally found that the decline is a multivariate physiological disorder that largely, can

1 and 2- Assistant Professors, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Jahrom University, Jahrom, Iran
(*- Corresponding Author Email: askar.ghani11@yahoo.com)
3- Ph.D. Student of Horticultural Science and Engineering, College of Agriculture, Hormozgan University, Iran
DOI: 10.22067/jhorts4.v35i1.85365

be controlled by some orchard management operations. In the meantime, temperature control and soil texture correction are important, especially in older trees. Increased temperature is one of the major causes of citrus decline that is also indirectly associated with other deteriorating factors. Soil quality changes gradually due to various factors so its correction is very important in reducing the incidence of this disorder.

Keywords: Citrus decline, Desiccating, Physiological disorders, Salinity